

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 39 16813 A1

⑳ Aktenzeichen: P 39 16 813.1
㉑ Anmeldetag: 23. 5. 89
㉒ Offenlegungstag: 29. 11. 90

㉓ Int. Cl. 5:
G 02 B 27/00
G 02 B 6/32
B 23 Q 17/22
B 23 B 47/32

DE 3916813 A1

㉔ Anmelder:
Hamar, Martin R., Wilton, Conn., US

㉕ Vertreter:
Deufel, P., Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.nat.; Schön, A.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Hertel, W., Dipl.-Phys.;
Lewald, D., Dipl.-Ing.; Otto, D., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München

㉖ Erfinder:
gleich Anmelder

㉗ Ausrichtvorrichtung mit optischem Einmodenfaserverstärker

Die Vorrichtung ist vorgesehen zur Erreichung einer genauen Ausrichtung von Teilen relativ zueinander. Die Vorrichtung weist eine Lichtquelle (12) auf, die einen Lichtstrahl (16) erzeugt. Die Lichtquelle ist in Nähe einer Fokussierungshilfe (18) angeordnet, welche wiederum in Nähe zu einem Ende (22) einer optischen Einmodenfaser (20) vorgesehen ist. Das gegenüberliegende Ende (24) der optischen Einmodenfaser kann in einem ausgewählten Abstand und einer ausgewählten winkligen Ausrichtung gegenüber dem ersten Ende (22) der optischen Einmodenfaser (20) angeordnet sein. Die Vorrichtung umfaßt ferner eine Kollimatorlinse (28), die in Nähe des zweiten Endes (24) der optischen Faser (20) vorgesehen ist. Vorzugsweise weist das zweite Ende (24) der optischen Faser (20) einen Abstand von der Kollimatorlinse (28) auf, der gleich ist deren Brennweite. Als Ergebnis erzeugt die Vorrichtung einen gut fokussierten Lichtstrahl. Insbesondere bleibt der aus der Kollimatorlinse (28) austretende Lichtstrahl (30) trotz Veränderungen in der Stellung des ankommenden Strahles stabil.

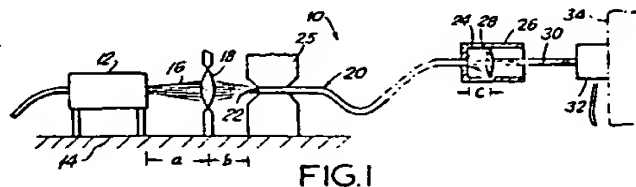


FIG.1

DE 3916813 A1

Viele industrielle Verfahren erfordern eine besondere räumliche Beziehung, die zwischen einer Vielzahl von Teilen vorgesehen werden muß. Ein herkömmliches Beispiel betrifft industrielle Maschinenverarbeitungsvorgänge, bei welchen ein Maschinenwerkzeug, beispielsweise ein Bohrer, eine Ahle, ein Stanzer oder ein Gewindebohrer relativ zu einem Werkstück ausgerichtet werden müssen. Eine Fehlausrichtung kann in schlecht hergestellten Produkten und/oder gebrochenen Werkzeugen resultieren. In anderen Situationen ist es wichtig, eine Vielzahl bewegbarer Komponenten gegenüber einem festen Bezugsrahmen auszurichten. Beispielsweise kann es erforderlich sein, eine Vielzahl von Turbinenteilen gegenüber einer Rotationsachse auszurichten, oder eine Anordnung von Roboterarmen gegenüber einer Bezugsebene.

Bislang bestanden die Werkzeuge, die der Industrie für diese Ausrichtungsvorgänge zur Verfügung standen, vorwiegend aus Setzlatten, Dickenlehren, gespannten Klavierdrähten, Teleskopen und dergleichen. Tatsächlich werden diese Werkzeuge noch in vielen Industriezweigen verwendet.

Einige Industriezweige erfordern eine Genauigkeit, die nicht mit den zur Verfügung stehenden bekannten mechanischen, elektromechanischen und optischen Ausrichtungswerkzeugen erreicht werden kann. Beispielsweise müssen sich Industriezweige, die hoch automatisiert sind, auf die genaue räumliche und winklige Orientierung der Werkzeuge relativ zueinander und relativ zu den Werkstücken verlassen. Wie vorstehend ausgeführt, kann eine ungenaue Ausrichtung in diesen Situationen in hohen Ausschußraten und Werkzeugbeschädigungen resultieren. Auch eine kurze Abschaltzeit für eine hochautomatisierte Transferstraße kann extrem teuer sein.

Das Erfordernis für eine erhöhte Genauigkeit und zur Minimierung der Ausfallzeiten hat Ausrichtsysteme geschaffen, die Lichtquellen und genaue photoelektrische Ziele verwenden, was einen gewünschten Fortschritt für viele Industriezweige bedeutet. Insbesondere Ausrichtungsvorrichtungen, die Laserlicht verwenden, wurden vor ungefähr 20 Jahren entwickelt. Die typische bekannte Laserausrichtungsvorrichtung umfaßt einen Laserstrahler und ein elektronisches Ziel einschließlich wenigstens einer Fotozelle, die auf das Licht anspricht, um elektrische Ausgangssignale zu erzeugen, die in der Lage sind, die Stellen von Punkten zu identifizieren, an welchen das Ziel von dem Licht getroffen wird. Das Ziel arbeitet typischerweise so, daß das Energiezentrum des Laserlichts, das dort auftritt, erfaßt wird. Ziele sind verfügbar, um eine Genauigkeit innerhalb $2,4 \times 10^{-4}$ cm (0,0001 inch) zu liefern, was einen geringen Bruchteil des Durchmessers des menschlichen Haars bedeutet. In der typischen Anwendung werden der Strahler und das Ziel an vorbestimmten Stellen relativ zu der Industrieausrüstung angeordnet, die auszurichten ist. Extrem genaue Ausrichtungen können erreicht werden bei der Ausrichtung industrieller Ausrüstung unter Verwendung des Outputs aus dem Ausrichtsystem. Mehrere sehr wünschenswerte Veränderungen des vorstehend beschriebenen Ausrichtsystems wurden entwickelt. Beispielsweise lautet das US-Patent 39 02 810 von Martin R. Hamar vom 2. September 1975 "System und Verfahren für Ausrichtungsvorrichtung unter Verwendung eines Lasers" und zeigt ein Lasersystem, das insbesondere leistungsfähig ist für Ausrichtelemente, beispielsweise

Turbinenteile längs einer besonderen Achse. Ein anderes leistungsfähiges Laserausrichtsystem ist in dem US-Patent 42 97 031 und dem US-Patent 43 82 680, beide von Martin R. Hamar, unter dem Titel "Vorrichtung und Verfahren zum Wobbeln einer flachen optischen Lightebene" beschrieben. Ein weiteres sehr leistungsfähiges Laserausrichtsystem ist in dem US-Patent 45 66 202 von 28. Januar 1986 von Martin R. Hamar unter dem Titel "Laservorrichtung zur leistungsfähigen Projektion der Rotationsachse eines rotierenden Werkstückhalters" beschrieben.

Die meisten bekannten Laserausrichtsysteme verlassen sich z. T. auf die genaue Anordnung des Zieles relativ zu einem gewünschten Meßpunkt. Daraus folgt, daß eine Fehlanordnung oder Fehlausrichtung des Ziels relativ zu dem gewünschten Meßpunkt die extremen Genauigkeiten versetzen kann, die ansonsten erhalten werden können durch die Laserausrichtsysteme. Ein besonderes leistungsfähiges Ziel zur Kompensierung einer möglichen Fehlausrichtung ist in dem US-Patent 44 83 618 beschrieben, welches am 20. November 1984 für Martin R. Hamar ausgegeben wurde und den Titel aufweist "Lasermesssystem, virtuelle Detektorsonde und Vorschubschwenkwinkelkompensator". Eine andere bekannte Einrichtung zur Erreichung einer Stabilität und Genauigkeit mit einem Laserausrichtsystem ist in der US-PS 40 45 129 beschrieben, welche für Martin R. Hamar am 30. April 1977 unter dem Titel "Vorrichtung zum Festanbringen eines optischen Elementes auf einer starren Basis" ausgegeben wurde. Auf die Offenbarungen der vorstehend aufgeführten US-Patente von Martin R. Hamar wird hiermit Bezug genommen.

Die Fotozellen der vorstehend beschriebenen Ausrichtziele arbeiten typischerweise so, daß sie das Energiezentrum erfassen, auf welches das Licht auftrifft. Deshalb ist es im allgemeinen wichtig, einen Laserstrahler vorzusehen, der einen stabilen und parallel gerichteten Lichtstrahl erzeugt. Ein instabiler Lichtstrahl kann ein Energiezentrum aufweisen, welches wesentlich versetzt ist von dem geometrischen Zentrum des Strahls. Ähnlich kann ein Laserstrahler, der einen Lichtstrahl erzeugt, der fehlausgerichtet oder nicht genau parallel gerichtet ist, ungenaue Ablesungen bei gewissen Anwendungen ergeben. Viele Laserquellen umfassen komplexe und kostspielige optische Kompensierungseinrichtungen, die darin vorgesehen sind. Beispielsweise beschreibt das US-Patent 41 70 401 von Yoder et al vom 9. Oktober 1979 ein derartiges Kompensierungssystem, das wenigstens fünf optische Komponenten verwendet, die wirksam sind, um den eintreffenden Strahl zuerst aufzusplitten, die Wellenfront des einen der gesplittenen Teile des Strahls zu rotieren und dann die beiden Komponenten wieder zu vereinigen. Andere ähnlich komplexe Systeme wurden entwickelt, um die Lichtstrahlen zu stabilisieren. Die verschiedenen optischen Elemente derartiger Systeme müssen genau und fest relativ zueinander und relativ zu dem Gehäuse montiert werden, in welchem die Laserquelle angeordnet ist. Zusätzlich können die genauen Positionen, an welchen die verschiedenen optischen Elemente angeordnet sind, infolge der thermischen Ausdehnung verändert werden, die durch die Hitze des Lasersystems selbst verursacht wird. Die Befestigungen, die für die optischen Elemente erforderlich sind, um die Wirkungen der thermischen Expansion zu verhindern oder zu versetzen, tragen ebenfalls zur Erhöhung der Herstellungskosten bei. Kürzlich wurde es wünschenswert, eine genaue Ausrichtung von Bauelementen zu schaffen, welche in einer potentiellen ex-

plosiven Umgebung angeordnet sind, beispielsweise in einer Umgebung, in welcher hochflüchtige Brennstoffe verwendet werden (beispielsweise Raketenabschluß- oder -abfüllstationen). Bekannte Laserausrichtsysteme, welche Hitze erzeugen oder die Möglichkeit elektrischer Kurzschlüsse aufweisen, können generell in diesen Umgebungen nicht verwendet werden.

In Anbetracht des vorstehenden, ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein industrielles Ausrichtsystem zu schaffen, welches leistungsfähig einen räumlich stabilen Lichtstrahl erzeugt.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Ausrichtsystem zu schaffen, welches die erforderlichen optischen Komponenten wesentlich vermindert und vereinfacht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Ausrichtsystem zu schaffen, bei welchem die Wärmeerzeugungsteile von den lichtsendenden Bereichen beabstandet werden können.

Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Laserausrichtsystem zu schaffen, welches mit beträchtlichen Kostenersparnissen hergestellt werden kann.

Die Erfindung betrifft eine Ausrichtvorrichtung mit einer Lichtquelle, einer optischen Einmodenfaser und einem Kollimator. Die Lichtquelle kann betätigt werden, um einen Laser zu erzeugen, und insbesondere kann die Lichtquelle ein Heliumlaser sein. Die Laserquelle kann ferner ein Einmodenfeststoff-Diodenlaser sein. Die optische Einmodenfaser erlaubt nur eine Art von Lichtübertragung. Die Vorrichtung kann ferner zusätzliche optische Einrichtungen aufweisen, beispielsweise ein rotierendes Pentaprisma, um wirksam eine optische Ebene zu erzeugen, zu welcher die Ausrichtung anderer Stellen verglichen werden kann. Vorzugsweise wird die Lichtquelle in Nähe des einen Endes der optischen Einmodenfaser angeordnet. Eine Fokussierungseinrichtung kann zwischen der Lichtquelle und dem Ende der optischen Faser angeordnet werden. Die Fokussierungseinrichtung kann ein Mikroskopobjektiv oder eine Mikrokugel sein, mit welcher das Licht von der Lichtquelle zu dem Ende der optischen Einmodenfaser fokussiert wird.

Die optische Einmodenfaser kann irgendeine geeignete Länge und irgendeine geeignete winklige Orientierung längs der Länge aufweisen. Willkürliche Biegungen über die Länge der optischen Einmodenfaser können derart vorgesehen werden, daß das zweite Ende der optischen Einmodenfaser physikalisch versetzt gegenüber dem ersten Ende und winklig ausgerichtet ist. Ein wesentlicher Abschnitt der Länge der optischen Einmodenfaser kann innerhalb einer Schutzeinrichtung angeordnet sein, die fest oder elastisch sein kann, abhängig von der speziellen Verwendung.

Das zweite Ende der optischen Einmodenfaser ist in einem im wesentlichen festen Abstand von dem Kollimator angeordnet, der im wesentlichen gleich ist der Brennweite des Kollimators. Das zweite Ende der optischen Einmodenfaser kann in einer Klammer fixiert sein, die in fester Beziehung zu einer Kollimatorlinse angeordnet ist. Die Befestigung für die Kollimatorlinse und die Klammer für das zweite Ende der optischen Einmodenfaser können in einem einzigen Gehäuse angeordnet sein. Die Lichtquelle kann ebenfalls in dem gleichen Gehäuse wie das zweite Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet sein, aber eine derartige feste räumliche Beziehung zwischen dem ersten und dem zweiten Ende der optischen Einmodenfaser ist nicht erforderlich.

Die sich ergebende Anordnung aus Lichtquelle, optischer Einmodenfaser und Kollimator wie vorstehend beschrieben, ergibt einen im wesentlichen perfekt stabilisierenden Strahl, der aus dem Kollimator austritt unbeachtlich der Eintrittsstellung des Lichtes in das erste Ende der optischen Einmodenfaser. Insbesondere tritt ein räumlich extrem stabiler Ausgangsstrahl aus dem Kollimator aus ohne komplexe und kostspielige Kompensierungseinrichtungen, die bei bekannten Vorrichtungen verwirklicht sind. Veränderungen in der Stellung oder Ausrichtung der optischen Einmodenfaser an Stellen, die im Abstand zu dem zweiten Ende vorgesehen sind, haben keine Wirkung auf die räumliche Stabilität des Strahls, der aus dem Kollimator austritt. Veränderungen in der Ausrichtung der Lichtquelle zu dem ersten Ende der optischen Einmodenfaser oder der Fokussierungseinrichtung können die Intensität des Lichtes beeinflussen, der aus dem Kollimator austritt, aber sie beeinflussen nicht die räumliche Ausrichtung und Stabilität.

Wie nachstehend ausgeführt wird, wird ins Auge gefaßt, daß gewissen Ausführungsformen der Erfindung die Lichtquelle, die optische Einmodenfaser und den Kollimator in einem einzigen Gehäuse umfassen. Andere Ausführungsformen ordnen die Lichtquelle und das erste Ende der optischen Einmodenfaser in einer im wesentlichen festen Beziehung relativ zueinander an, während das zweite Ende der optischen Einmodenfaser in fester Beziehung zueinander an einer getrennten Stellung angeordnet sind. Die optische Einmodenfaser kann entweder fest oder elastisch zwischen diesen beiden Stellen angeordnet sein. Die letztere Anordnung kann insbesondere wünschenswert sein zur Verwendung in potentiell explosiven Umgebungen. Insbesondere können die elektrische Stromversorgung und die wärmeerzeugenden Komponenten von der explosiven Umgebung isoliert werden. Damit ist eine genaue Ausrichtung innerhalb der explosiven Umgebung zu erreichen über das zweite Ende der optischen Faser und den Kollimator, die weder elektrischen Strom erfordern noch eine bedeutende Wärmeentwicklung erbringen.

In einer besonderen bevorzugten Ausführungsform werden die Kombination aus Lichtquelle, der optischen Einmodenfaser und dem Kollimator in Kombination mit einem Ziel verwendet, welches eine Fotozelleneinrichtung aufweist, die auf die Lichtquelle anspricht, um elektrische Ausgangssignale zu erzeugen, mit deren Hilfe eine Identifizierung der Stellen von Punkten möglich ist, an welchen das Ziel von dem Licht getroffen wird. Diese bevorzugten Ausführungsformen können Laserlichtquellen und insbesondere Feststoffdiodenlaser aufweisen. Zusätzlich kann eine Fokussierungseinrichtung wie eine Mikrokugel zwischen der Laserdiode und dem ersten Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet werden, um den Laser gegen das erste Ende der Faser hin zu fokussieren. Das in diesen Ausführungsformen verwendete Ziel kann eine Leseinrichtung zur Identifizierung der Stellen aufweisen, an welchen das Licht auf das Ziel auftrifft.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine erste Ausführungsform einer Ausrichtvorrichtung,

Fig. 2 in schematischer Darstellung eine zweite Ausführungsform einer Ausrichtvorrichtung und

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer Ausrichtvorrichtung mit einem virtuellen Ziel zur Erfassung des Energiezentrums eines Lichtstrahls.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist allgemein mit dem Bezugszeichen 10 in Fig. 1 bezeichnet. Die Vorrichtung 10 umfaßt eine Lichtquelle 12, die fest an einem Träger 14 angeordnet ist. Die Lichtquelle wird betätigt, um einen Lichtstrahl 16 zu erzeugen. Insbesondere wird die Lichtquelle 12 allgemein beschrieben, um eine Einrichtung zur Erzeugung irgendeiner von verschiedenen Formen von Lichtstrahlen 16 zu erzeugen. Beispielsweise kann die Lichtquelle 12 einen Infrarotlichtstrahl erzeugen. In einer besonderen bevorzugten Ausführungsform erzeugt die Lichtquelle 12 einen schwachen Strahl aus Laserlicht 16.

Die Vorrichtung 10 umfaßt ferner eine Fokussierungshilfe 16, die fest auf dem Träger 14 in einem Abstand a von der Lichtquelle 12 angeordnet ist. Der Abstand a wird ausgewählt, um zu ermöglichen, daß ein Hauptteil des Lichts aus der Lichtquelle 12 auf die Fokussierungshilfe 18 auftrifft. Die Fokussierungshilfe 18 kann ein Mikroskopobjektiv oder eine Mikrokugel mit einer Brennweite b sein. Somit wird die Fokussierungshilfe 18 betätigt, um den Lichtstrahl 16 zu einem Lokalabstand b zu fokussieren.

Eine optische Einmodenfasern 20 mit einem ersten Ende 22 und einem gegenüberliegenden Ende 24 ist an der Vorrichtung 10 befestigt, so daß das erste Ende 22 etwa im Abstand b zu der Fokussierungshilfe 18 angeordnet ist. Insbesondere ist der Bereich der optischen Einmodenfasern 20 angrenzend an das erste Ende 22 fest über eine Klemmeinrichtung 24 eingeklemmt, so daß das erste Ende 22 zu dem Lichtstrahl 16 ausgerichtet ist, und das Ende weist einen Abstand b von der Fokussierungshilfe 18 auf, der im wesentlichen gleich ist der Brennweite der Fokussierungshilfe 18. Als Ergebnis der Anordnung des ersten Endes 22 der optischen Einmodenfasern 20 relativ zu der Fokussierungshilfe 18 wird ein wesentlicher Teil des Lichtstrahls 16 direkt zu dem ersten Ende 22 der optischen Einmodenfasern 20 fokussiert. Veränderungen der Abstände a und b verursacht durch thermische Expansion, Herstellungsfehler od. dgl., können die Intensität des Lichtes beeinflussen, das auf das erste Ende 22 der optischen Einmodenfasern 20 auftrifft. Jedoch beeinflussen diese möglichen Veränderungen der Intensität nicht den Betrieb oder die Genauigkeit der Vorrichtung 10. Ähnlich kann die winklige Ausrichtung des eintretenden Lichtstrahls 16 und/oder die winklige Ausrichtung der optischen Einmodenfasern 20 angrenzend an das Ende 22 gewissen Auswirkungen auf die Intensität des Lichtes aufweisen, das auf die optische Einmodenfasern 20 auftrifft. Jedoch haben auch diese winkligen Veränderungen keinen meßbaren Einfluß auf den Betrieb oder die Genauigkeit der Vorrichtung 10.

Das Licht aus der Lichtquelle 12, das auf das erste Ende 22 der optischen Einmodenfasern 20 auftrifft, wird über die gesamte Länge durch die optische Einmodenfasern 20 zu dem zweiten Ende 24 geleitet. Die optische Einmodenfasern 20 reduziert wirksam das Licht, das auf das erste Ende 20 auftrifft auf eine einzige Art nach dem Austritt aus dem zweiten Ende 24. Die Länge der optischen Einmodenfasern 20 und die winklige Ausrichtung der optischen Einmodenfasern 20 an verschiedenen Stellen längs der Länge haben keinen Einfluß auf den Betrieb der Vorrichtung 10. Jedoch wird in den meisten Anwendungen die optische Einmodenfasern 20 ziemlich zerbrechlich sein und ein Schutz in herkömmlicher Art ist wünschenswert. Dieser Schutz muß jedoch nicht starr oder fest sein. Das zweite Ende 24 der optischen Einmodenfasern 20 ist fest in einem Gehäuse 26 in einem im wesentlichen festen Abstand c von einer Kollimator-

linse 28 angeordnet. Der Abstand c zwischen dem zweiten Ende 24 der optischen Einmodenfasern 20 und der Kollimatorlinse 28 ist im wesentlichen gleich der Brennweite der Kollimatorlinse 28. Zusätzlich wird der Abschnitt der optischen Einmodenfasern 20 angrenzend an das zweite Ende 24 im wesentlichen ausgerichtet sein zu der Achse der Kollimatorlinse 28. Als Ergebnis dieser Anordnung erzeugt die Vorrichtung 10 einen stabilen, parallel gerichteten Lichtstrahl 30 aus der Kollimatorlinse 28. Der Lichtstrahl 30 wird im wesentlichen räumlich perfekt stabilisiert sein trotz Veränderungen in der Ausrichtung und des Abstandes von Anordnungsstellen in der Vorrichtung 10, die im Abstand zu dem Gehäuse 26 vorgesehen sind. Beispielsweise werden Veränderungen der Abschnitte der optischen Einmodenfasern 20 im Abstand von dem zweiten Ende 24 absolut keine Wirkung auf die räumliche Position des parallel gerichteten Strahles 30 aufweisen. Ähnlich haben Veränderungen in der Ausrichtung des Strahles 16, der von der Lichtquelle 12 erzeugt wird, und Veränderungen der Abstände a oder b zwischen der Lichtquelle 12 und dem ersten Ende 22 der optischen Einmodenfasern 20 überhaupt keinen Einfluß auf die räumliche Position oder Stabilität des parallel gerichteten Strahles 30.

Die Vorrichtung 10 wird typischerweise mit einem elektronischen Ziel 32 verwendet, welches das Energiezentrum des Lichtes erfaßt, das darauf auftrifft, und um elektrische Signale zu erzeugen, welche die genaue Stelle des Energiezentrums identifizieren. Das Ziel 32 wird herkömmlicherweise an einer Stelle an einem Element 34 befestigt, welches eine Maschine oder ein Werkstück sein kann, dessen Stellung und Ausrichtung zu bestimmen ist.

Eine alternative Ausführungsform einer stabilisierten Ausrichtvorrichtung ist allgemein mit dem Bezugszeichen 40 in Fig. 2 bezeichnet. Die Vorrichtung 40 umfaßt eine Lichtquelle 42, die fest in einem Gehäuse 41 angeordnet ist. Die Lichtquelle 42 wird betätigt, um einen Lichtstrahl 46 zu erzeugen. Wie anhand des vorstehend geschilderten Ausführungsbeispiels beschrieben, kann die Lichtquelle 42 eine Laservorrichtung und der Lichtstrahl 46 kann ein Strahl aus Laserlicht sein.

Die Vorrichtung 40 weist ferner eine Fokussierungshilfe 48 auf, die fest an dem Gehäuse 40 in einem Abstand d von der Lichtquelle 42 angeordnet ist. Die Fokussierungshilfe 48 kann ein Mikroskopobjektiv oder eine Mikrokugel sein, welche das Licht 46 fokussiert, das hindurchgeleitet wird.

Die Vorrichtung 40 umfaßt ferner eine optische Einmodenfasern 50 mit einem ersten Ende 52 und einem gegenüberliegenden Ende 54. Insbesondere ist das erste Ende 52 der optischen Einmodenfasern 50 in einem Abstand e von der Fokussierungshilfe 48 angeordnet, welcher im wesentlichen gleich ist der Brennweite der Fokussierungshilfe 48. Die optische Einmodenfasern 50 ist fest in einer Klammer 25 angeordnet. Anders als bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform sind beide Enden 52 und 54 der optischen Einmodenfasern 50 innerhalb des gleichen Gehäuses 44 angeordnet und die optische Einmodenfasern 50 wird im wesentlichen fest über ihre gesamte Länge gehalten.

Die Vorrichtung 40 weist ferner eine Kollimatorlinse 58 auf, die fest an dem Gehäuse 44 angeordnet ist, so daß der Abstand f zwischen dem zweiten Ende 54 der optischen Einmodenfasern 50 und der Kollimatorlinse 58 im wesentlichen gleich ist der Brennweite der Kollimatorlinse 58. Insbesondere wird der Abstand f im wesentlichen konstant gehalten über die feste Anordnung so-

wohl der optischen Einmodenfaser 50 als auch der Kollimatorlinse 58 an dem Gehäuse 44. Als Ergebnis dieses Aufbaus tritt ein räumlich stabiler, parallel gerichteter Strahl 60 aus der Kollimatorlinse 58 aus. Wie vorstehend ausgeführt, bleibt die räumliche Stabilität trotz möglicher Verschiebungen oder winkliger Fehlausrichtungen des eintretenden Lichtstrahles 46 relativ zu der Fokussierungshilfe 48.

Wie anhand des vorstehenden Ausführungsbeispiels erläutert, wird die Vorrichtung 40 mit einem Target oder Ziel 62 verwendet, das typischerweise an einem Werkstück, einem Werkzeug oder einem ähnlichen Objekt 64 angeordnet sein kann, dessen Stellung genau gegenüber dem parallel gerichteten Strahl 60 gemessen werden soll. Das Ziel 62 weist eine Fotozelleneinrichtung auf, welche betätigt wird, um die genaue Stellung des Lichtstrahls 60 zu ermitteln und um geeignete elektrische Signale entsprechend dieser Stellung zu erzeugen.

Die in Fig. 2 gezeigte Vorrichtung 40 unterscheidet sich von der Vorrichtung 10 nach Fig. 1 vorwiegend darin, daß die Lichtquelle 42, die Fokussierungslinse 49, die optische Einmodenfaser 50 und die Kollimatorlinse 58 alle in dem gleichen Gehäuse angeordnet sind. Somit erbringt die Vorrichtung 40, die in Fig. 2 gezeigt ist, einen einzigen kompakten Aufbau, der für gewisse Anwendungen geeigneter sein kann. In beiden Fällen erzeugt jedoch die Vorrichtung einen sehr stabilen Lichtstrahl, der im wesentlichen durch Bewegungen der Teile zwischen der Lichtquelle und dem zweiten Ende der optischen Einmodenfaser nicht beeinflußt wird.

Eine besonders praktische Ausführungsform ist allgemein mit dem Bezugszeichen 70 in Fig. 3 bezeichnet. Insbesondere umfaßt die Vorrichtung 70 einen Diodenlaser 72, der in einem Gehäuse 74 angeordnet ist und der betätigt wird, um einen Infrarotlaserstrahl 76 zu erzeugen. Die Laserdiode 72 ist betriebsmäßig verbunden mit einem Stromkabel 77, welches in eine elektrische Stromquelle (nicht gezeigt) eingesteckt werden kann, um den erforderlichen Strom für den Diodenlaser 72 zu liefern. In gewissen Ausführungsformen umfaßt das Gehäuse 74 eine aufladbare Batterie, um den Diodenlaser 72 mit Leistung zu versorgen.

Eine Mikrokugel (microsphere) 78 ist fest in dem Gehäuse 74 angeordnet und fokussiert das Laserlicht 76, das aus dem Diodenlaser 72 austritt. Eine optische Einmodenfaser 80 mit einem ersten Ende 82 und einem gegenüberliegenden Ende 84 ist ebenfalls vorgesehen. Die optische Einmodenfaser ist geschützt in einem rohrförmigen Element 85 angeordnet, welches über seine Länge elastisch aber nicht zusammendrückbar ist. Das rohrförmige Schutzelement 85 kann ähnlich einem BX-Kabelmantel ausgebildet sein und aus einem Metall oder einem schlagzähem Kunststoff bestehen. Das rohr- oder schlauchförmige Element 85 ist insbesondere wichtig in explosiven oder anderen potentiell schädlichen Umgebungen. Das erste Ende 82 der optischen Einmodenfaser 80 ist fest in dem Gehäuse 74 angeordnet und weist einen Abstand von der Mikrokugel 78 auf, der im wesentlichen gleich ist der Brennweite der Mikrokugel 78. Obgleich der Feststoffdiodenlaser 72, die Mikrokugel 78 und das erste Ende 82 der optischen Einmodenfaser 80 fest in dem Gehäuse 74 angeordnet sind, beeinflussen Veränderungen der jeweiligen Position und Ausrichtung nicht die Genauigkeit der Vorrichtung 70. Wie vorstehend ausgeführt, können Umgebungsbedingungen wahrscheinlich derartige kleine Veränderungen in der Ausrichtung der Komponenten bewirken, die inner-

halb des Gehäuses 74 angeordnet sind.

Das zweite Ende 84 der optischen Einmodenfaser 80 ist fest in dem Gehäuse 86 vorgesehen. Wie schematisch in Fig. 3 gezeigt ist, kann die optische Einmodenfaser 80 irgendeine geeignete Länge und winklige Ausrichtung zwischen dem ersten Ende 82 und dem zweiten Ende 84 aufweisen. Eine Kollimatorlinse 88 ist fest in dem Gehäuse 86 in einem Abstand von dem zweiten Ende 84 der optischen Einmodenfaser 80 angeordnet, der im wesentlichen gleich ist der Brennweite der Kollimatorlinse 88. Das Gehäuse 86 ist strukturell ausreichend fest, um einen im wesentlichen konstanten Abstand und eine winklige Ausrichtung zwischen dem zweiten Ende 84 der optischen Einmodenfaser 80 und der Kollimatorlinse 88 aufrechtzuerhalten. Diese feste Anordnung kann leicht und sicher erreicht werden, da keine der Komponenten innerhalb des Gehäuses 86 Wärme erzeugen und es besteht keine sich daraus ergebende verschiedene thermische Expansion über das Gehäuse 86. Das Gehäuse 86 ist ferner mit einem Fenster 89 versehen, welches Schmutz oder Fremdstoffe daran hindert, sich auf der Kollimatorlinse 88 abzusetzen. Die Kollimatorlinse 88 erzeugt einen parallel gerichteten Laserstrahl 90. Aus den vorstehend geschilderten Gründen ist der gleichgerichtete Laserstrahl 90 extrem stabil trotz Veränderungen der Stellung der optischen Einmodenfaser 80 oder der optischen Elemente, die den Laserstrahl in das erste Ende 82 und der optischen Einmodenfaser 80 leiten. Das Gehäuse 86 kann zweckmäßigerweise in einem Element 92 angeordnet sein, welches ein Werkstückhalter, ein Werkstück od. dgl. sein kann. Insbesondere wird die Vorrichtung 70 befestigt, um den parallel gerichteten Laserstrahl 90 auf ein Ziel zu richten, das allgemein mit dem Bezugszeichen 92 bezeichnet ist.

Das Ziel 92 ist zweckmäßigerweise in einem Element 91, beispielsweise einem Werkstück, einem Werkstückhalter od. dgl. befestigt. Insbesondere ist das Ziel 92 nach Fig. 3 funktionell und strukturell im wesentlichen gleich dem in der US-PS 44 83 618 beschriebenen Ziel. Das Ziel 92 ist mit einem Befestigungsbolzen 94 versehen, welcher derart ausgebildet ist, daß er innerhalb einer Öffnung 95 od. dgl. an dem Objekt 91 eingesetzt werden kann. Das Ziel 92 umfaßt ferner ein Prisma 96, welches den eintretenden Laserstrahl 90 unter einem Winkel von 90° und gegen eine Fotozelleneinrichtung 98 reflektiert. Die Fotozelleneinrichtung 98 erfaßt die Stellung des Energiezentrums des Laserstrahls, der von dem Prisma 96 reflektiert wird. Ferner erzeugt die Fotozelleneinrichtung 92 elektrische Signale, die von einer Steuereinrichtung 100 aufgenommen und in digitale Elemente umgewandelt werden, die leicht von dem Benutzer der Vorrichtung 70 interpretiert werden können. Wie in US-PS 44 83 618 erläutert, ist das Ziel 92 mehr als nur ein Reflektor von Licht aus seinem ursprünglichen Weg. Das Ziel 92 beabstandet den Detektor 98 von dem ursprünglichen optischen Weg in einem Abstand RA und bewirkt, daß das Ziel 92 funktioniert, wenn der Detektor 98 tatsächlich in einer virtuellen Stellung 99 angeordnet ist, welche in einem äquivalenten Abstand RV längs des ursprünglichen optischen Weges aber hinter der Reflexionsfläche des Prismas 96 liegt. Das Ziel 92 kann an einem Objekt 91 angeordnet sein, derart, daß die virtuelle Stellung 99 im wesentlichen in Linie liegt mit dem Eingang der Öffnung 95 in dem Objekt 91. Ferner erbringt das Ziel 92 genaue Messungen trotz möglicher winkliger Veränderungen des Ziels 92 relativ zu der Fläche 91. Somit kompensiert sich die in Fig. 3 gezeigte Vorrichtung selbst für beide Fehlausrichtun-

gen, die zwischen dem zweiten Ende 84 der optischen Einmodenfaser 80 und der Laserdiode 72 auftreten, und bei einer Fehlausrichtung des Ziels 92.

Zusammengefaßt ist festzustellen, daß eine Vorrichtung geschaffen wird zur Erzeugung eines extrem stabilen Lichtstrahls ohne komplexe Reihen von Prismen und trotz gewisser Fehlausrichtungen der Komponenten in der Vorrichtung. Die Vorrichtung umfaßt eine Lichtquelle, welche eine Laserlichtquelle sein kann, die in Nähe einer Fokussierungshilfe angeordnet ist. Die Fokussierungshilfe leitet das Licht in ein Ende einer optischen Einmodenfaser. Das gegenüberliegende Ende der optischen Einmodenfaser ist im wesentlichen in einer exakten räumlichen und winkligen Ausrichtung gegenüber einer Kollimatorlinse angeordnet. Insbesondere ist das gegenüberliegende Ende der optischen Einmodenfaser im wesentlichen im Brennpunkt der Kollimatorlinse angeordnet. Ein elektrisches Ziel, welches die Stellen der Lichtenergie erfaßt, das darauf auftrifft, ist im Abstand gegenüber der Vorrichtung angeordnet. Die Kombination des Lasersenders und des Ziels ermöglicht eine genaue winklige und positionelle Ausrichtung, die schnell und exakt durchgeführt werden kann.

Obwohl die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist es klar, daß verschiedene Veränderungen durchgeführt werden können, ohne aus dem Erfindungsbereich zu gelangen, der durch die Ansprüche angegeben ist.

Patentansprüche

1. Ausrichtvorrichtung, gekennzeichnet durch eine Lichtquelle zur Erzeugung eines Lichtstrahls, eine optische Einmodenfaser mit einem ersten Ende und einem gegenüberliegenden zweiten Ende, wobei das erste Ende der optischen Einmodenfaser wenigstens z. T. in einer Linie mit dem Licht von der Lichtquelle angeordnet ist derart, daß nicht von der Lichtquelle durch die optische Einmodenfaser geleitet wird, und durch eine Kollimatoreinrichtung, die in einem vorausgewählten Abstand von dem zweiten Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet ist, um Licht, das aus der optischen Einmodenfaser austritt, parallel zu richten.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fokussierungshilfe zwischen der Lichtquelle und dem ersten Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet ist derart, daß der Abstand von der Fokussierungshilfe zu dem ersten Ende der optischen Einmodenfaser etwa gleich ist der Brennweite der Fokussierungshilfe.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle, die Fokussierungshilfe, die optische Einmodenfaser und die Kollimatoreinrichtung fest zueinander in einem Gehäuse angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle, die Fokussierungshilfe und das erste Ende der optischen Einmodenfaser fest in einem ersten Gehäuse und das zweite Ende der optischen Einmodenfaser und die Kollimatoreinrichtung fest in einem zweiten Gehäuse angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierungshilfe ein Mikroskopobjektiv aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierungshilfe eine Mikroku-

gel (microsphere) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Laserelement zur Erzeugung eines Laserstrahls aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserquelle ein Feststoffdiodenlaser ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektronisches Ziel mit einer Fotozelleneinrichtung vorgesehen ist, die auf das Licht von der Lichtquelle anspricht, um elektrisch Ausgangssignale zu erzeugen, die in der Lage sind, die Anordnungen von Punkten zu identifizieren, an welchen das Ziel von dem Licht getroffen wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ausleseeinrichtung vorgesehen ist, die betriebsmäßig verbunden ist mit dem Ziel zur Erzeugung von Anzeigen, die die Stellen von Lichtpunkten identifizieren, die auf das Ziel auftreffen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einmodenfaser innerhalb eines rohrförmigen Schutzelementes angeordnet ist.
12. Ausrichtvorrichtung, gekennzeichnet durch eine Lasereinrichtung zur Erzeugung eines Strahles aus Laserlicht, durch eine Fokussiereinrichtung, die in Nähe der Lasereinrichtung angeordnet ist zum Fokussieren des Laserlichtes, durch eine optische Einmodenfaser mit einem ersten und einem gegenüberliegenden zweiten Ende, wobei das erste Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet ist, um das fokussierte Laserlicht aufzunehmen, das durch die Fokussiereinrichtung geleitet wird, durch eine Kollimatoreinrichtung, die im wesentlichen im festen Abstand und in fester Winkelbeziehung zu dem zweiten Ende der optischen Einmodenfaser angeordnet ist, um den Laserstrahl parallel zu richten, der aus dem zweiten Ende der optischen Einmodenfaser austritt, und durch ein Target oder Ziel, das im Abstand zu der Kollimatoreinrichtung angeordnet ist und eine Fotozeileinrichtung aufweist, die auf den Laserstrahl anspricht zur Erzeugung elektrischer Ausgangssignale, die in der Lage sind, die Stellen von Punkten zu identifizieren, an welchen das Ziel von dem Laserstrahl getroffen wird.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser ein Feststoff- oder ein Festkörperdiodenlaser ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser, die Fokussierungshilfe, die optische Einmodenfaser und die Kollimatoreinrichtung fest zueinander in einem einzigen Gehäuse angeordnet sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser, die Fokussierungshilfe und das erste Ende der optischen Einmodenfaser fest in einem ersten Gehäuse und das zweite Ende der optischen Einmodenfaser und die Kollimatoreinrichtung fest in einem zweiten Gehäuse angeordnet sind, und daß das zweite Gehäuse eine Einrichtung zur sicheren Befestigung des zweiten Gehäuses an einem Maschinenwerkzeug oder Werkstück aufweist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die optische Einmodenfaser in einem rohrförmigen Schutzelement angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

